



548142

#2
LB
11/1/96

Docket No. 392.1444/JDH

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Re Patent Application of

Atsushi WATANABE et al.

Group Art Unit:

Serial No.:

Examiner:

Filed: Concurrently Herewith

For: METHOD FOR TEACHING WELDING
TORCH ORIENTATION

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF
PRIOR FOREIGN APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS UNDER 37 C.F.R. § 1.55

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicants submit herewith a certified copy of the following foreign application.

Japanese Patent Application No. 283969/1994
filed October 25, 1994.

It is respectfully requested that applicants be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified paper attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted

STAAS & HALSEY

By: 

James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

Dated: 10/27
700 Eleventh Street, N.W.
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 4 年 1 0 月 2 5 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 6 年特許願第 2 8 3 9 6 9 号

出 願 人

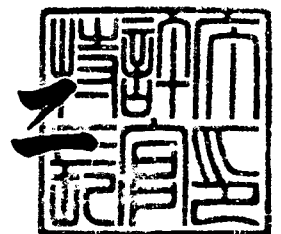
Applicant (s):

ファナック株式会社

1 9 9 5 年 8 月 1 1 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

清 川 佑



出証番号 出証特平 0 7 - 3 0 4 6 6 3 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 P11949

【提出日】 平成 6年10月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G05B 19/00

【発明の名称】 溶接トーチ姿勢の教示方法

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 渡辺 淳

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 伊藤 孝幸

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 唐鎌 立男

【特許出願人】

【識別番号】 390008235

【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代表者】 稲葉 清右衛門

【代理人】

【識別番号】 100082304

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹本 松司

【電話番号】 03-3502-2578

【代理人】

【識別番号】 100088351

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【代理人】

【識別番号】 100093425

【弁理士】

【氏名又は名称】 湯田 浩一

【代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【代理人】

【識別番号】 100101915

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩野入 章夫

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【書類名】 明細書

【発明の名称】 溶接トーチ姿勢の教示方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ソフトウェア処理能力を有するロボット制御装置を用い、ロボットに支持された溶接トーチによるアーク溶接を実行する為の溶接トーチ姿勢の教示方法において、

溶接線の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置データを用意する段階と、

各経路に関して前記溶接トーチのねらい角及び前進角を基準面を基準に設定する段階と、

前記用意された位置データと前記設定されたねらい角及び前進角に基づいて、各経路について基本溶接姿勢をソフトウェア処理によって計算する段階と、

前記接続点の内コーナー部を形成するものに関して、各コーナー部周辺に補助点を設定する段階と、

前記補助点及び前記コーナー部に対応した接続点について、前記コーナー部通過時に滑らかな姿勢変化を与える姿勢をソフトウェア計算処理によって求める段階を含む、前記溶接トーチ姿勢の教示方法。

【請求項2】 ソフトウェア処理能力を有するロボット制御装置を用い、ロボットに支持された溶接トーチによるアーク溶接を実行する為の溶接トーチ姿勢の教示方法において、

前記ロボットのジョグ送り操作によって、溶接線の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置をトーチ姿勢について特定の条件を課さずに教示する段階と、

各経路に関して前記溶接トーチのねらい角及び前進角を基準面を基準に設定する段階と、

前記用意された位置データと前記設定されたねらい角及び前進角に基づいて、各経路について基本溶接姿勢をソフトウェア処理によって計算する段階と、

前記接続点の内コーナー部を形成するものに関して、各コーナー部周辺に補助点を設定する段階と、

前記補助点及び前記コーナー部に対応した接続点について、前記コーナー部通過時に滑らかな姿勢変化を与える姿勢をソフトウェア計算処理によって求める段階を含む、前記溶接トーチ姿勢の教示方法。

【請求項3】 ソフトウェア処理能力を有するロボット制御装置を用い、ロボットに支持された溶接トーチによるアーク溶接を実行する為の溶接トーチ姿勢の教示方法において、

前記ロボットのジョグ送り操作によって、溶接線の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置をトーチ姿勢について特定の条件を課さずに教示する段階と、

各経路に関して前記溶接トーチのねらい角及び前進角を基準面を基準に設定する段階と、

前記用意された位置データと前記設定されたねらい角及び前進角に基づいて、各経路について基本溶接姿勢をソフトウェア処理によって計算する段階と、

前記接続点の内コーナー部を形成するものに関して、各コーナー部周辺に補助点を設定する段階と、

前記補助点及び前記コーナー部に対応した接続点について、前記コーナー部通過時に滑らかな姿勢変化を与える姿勢をソフトウェア計算処理によって求める段階を含む、

前記基本溶接姿勢のソフトウェア処理による計算に際し、トーチ軸周りの姿勢に関しては前記ジョグ送り操作による教示時の状態が反映される前記溶接トーチ姿勢の教示方法。

【請求項4】 前記基準面が、前記ロボットに所定の平面を教示することによって定められる請求項1、請求項2または請求項3に記載された溶接トーチ姿勢の教示方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本願発明は溶接ロボットの教示方法に関し、更に詳しく言えば、アーク溶接用のトーチを支持した溶接ロボットの再生運転によって溶接作業を実行する際に適

正なトーチ姿勢を実現することの出来る溶接ロボットの教示方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

溶接トーチ（以下、単に「トーチ」と言う。）を支持したロボット（以下、「溶接ロボット」とも言う。）の再生運転によって溶接作業を実行する場合には、ロボットの移動中にトーチ先端の位置（3次元位置）とともにトーチの姿勢が適正に保たれなければならない。即ち、トーチ先端が溶接線を正しくなぞるように溶接経路上を移動しても、トーチ姿勢が不適當である場合には所望の溶接作業が遂行出来ない。特に、コーナー部等の曲率の大きな溶接線経路においては、トーチ姿勢が急激に変化するような教示を行うことは避けなければならない。

【0003】

図1は、従来より最も一般的に利用されている溶接ロボットに対するトーチの位置と姿勢の教示方法を説明する為の模式図である。図1中、経路A→B→C→D→E→Fは溶接線に沿った溶接経路を例示したもので、符号1, 2はロボットアーム（図示省略）に装着されたトーチ及びその先端に設定されたツール先端点を表わしている。以下、このツール先端点2の位置（ツール先端点2に設定されたツール座標系の原点位置）を適宜「トーチの位置」あるいは「ロボットの位置」と言う。また、ツール先端点2に設定されたツール座標系の姿勢を適宜「トーチの姿勢」あるいは「ロボットの姿勢」と言う。なお、符号1, 2はトーチが溶接経路の始点Aに位置している状態についてのみ記した。

【0004】

この図を用いて、従来の教示手順を説明すると次のようになる。

（1）ロボットを移動させ（ジョグ送り、以下同じ）、先ず溶接経路の始点Aにトーチ先端位置を一致させ、位置Aを教示する。姿勢については、Aから始まる経路の溶接姿勢として最適のものを教示する。

（2）姿勢を変えずにロボットを移動させ、次の経路接続点Bより適宜小距離手前側の位置PBにトーチ位置を一致させて位置PBを教示する。姿勢については、Aで教示した姿勢aをそのまま教示する。

【0005】

(3) ロボットを更に移動させ、溶接経路の始点Bにトーチ先端位置を一致させて位置Bを教示する。姿勢については、Bから始まる経路の溶接姿勢として最適のもの（これをbとする。）を意識し、この姿勢bと位置AあるいはPBで教示した姿勢aとの中間的な姿勢b'を教示する。

(4) ロボットを更に移動させ、経路接続点Bを適宜小距離越えた位置QBにトーチ位置を一致させて位置QBを教示する。姿勢については、Bから始まる経路の溶接姿勢として最適な姿勢bを教示する。

【0006】

(5) 以下、同様の操作を繰り返し、位置PC, C, QC, PD, D, QD, PE, E, QE及び終点Fの位置と、各点における姿勢b, c', c, c, d', d, d, e', e, eを教示していく。各符号c, c'...の意味は次の通りである。なお、以降、一次的に指定される教示点A, B, C...Fを1次教示点と呼び、これに対して1次教示点の前後の近傍に補助的に指定される教示点を補助教示点と呼ぶこととする。

- c ; 経路CDにおける最適姿勢
- d ; 経路DEにおける最適姿勢
- e ; 経路EFにおける最適姿勢
- c' ; 姿勢cとdの中間的な姿勢
- d' ; 姿勢dとeの中間的な姿勢

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来の教示方法には、1次教示点以外に補助教示点について位置と姿勢を教示しなければならない、教示作業負担が大きくなるという欠点がある。特に、溶接精度を左右するトーチ姿勢の教示を正確に行なうには、高度の熟練と多大の時間を要する。例えば、始点、終点以外の1次教示点（上記例ではB, C, D, E）におけるトーチ姿勢は、経路接続部におけるトーチ姿勢の変更が滑らかに行なわれるように教示しなければならないが、そのような姿勢を捜し出す簡便で客観的な方法が無く、オペレータの勘と経験に頼ることになる。従って、オペレータの熟練度に左右されない安定した溶接精度を得ることが難しい。

【0008】

そこで、本願発明の目的は、少ない作業負担で、アーク溶接用のトーチを支持した溶接ロボットの再生運転によって溶接作業を実行する際に適正なトーチ姿勢を実現することの出来る溶接ロボットの教示方法を提供することにある。また、そのことを通して溶接ロボットの教示に要する時間的、人的な負担を軽減し、安定した品質の溶接作業を可能にすることを本願発明は企図している。

【0009】

【問題点を解決するための手段】

本願発明は、上記技術課題を解決する為の基本的な構成として、「ソフトウェア処理能力を有するロボット制御装置を用い、ロボットに支持された溶接トーチによるアーク溶接を実行する為の溶接トーチ姿勢の教示方法において、溶接線の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置データを用意する段階と、各経路に関して前記溶接トーチのねらい角及び前進角を基準面を基準に設定する段階と、前記用意された位置データと前記設定されたねらい角及び前進角に基づいて、各経路について基本溶接姿勢をソフトウェア処理によって計算する段階と、前記接続点の内コーナー部を形成するものに関して、各コーナー部周辺に補助点を設定する段階と、前記補助点及び前記コーナー部に対応した接続点について、前記コーナー部通過時に滑らかな姿勢変化を与える姿勢をソフトウェア計算処理によって求める段階を含む、前記溶接トーチ姿勢の教示方法」を提案したものである。

【0010】

本願発明の典型的な形態においては、上記基本的構成中の、「溶接線の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置データを用意する段階」が、「前記ロボットのジョグ送り操作によって、溶接線の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置をトーチ姿勢について特定の条件を課さずに教示する」ことによって達成される。

【0011】

また、「前記基本溶接姿勢のソフトウェア処理による計算に際し、トーチ軸周りの姿勢に関しては前記ジョグ送り操作による教示時の状態を反映させる」こと

を併せて提案した。

【0012】

更に、これら各態様における基準面について、「前記ロボットに所定の平面を教示することによって設定する」という要件を課した構成を提案した。

【0013】

【作用】

本願発明の方法は、大別して次の3つの段階(1)～(3)から構成される。

【0014】

(1) 溶接経路の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置データを用意する段階。この段階は、溶接経路の始点、終点及び接続点の位置が、トーチ姿勢には特定の条件を課することなく(即ち、教示される姿勢に特別の注意を払うことなく)ジョグ送りで順に教示することで実行され得る。格別の措置をとらない限り、トーチ姿勢を定めるロボットの姿勢を表わすデータも付随的に教示されることになるが、姿勢データに正確さが要求されることはない。

【0015】

場合によっては、既に作成済みのプログラムの位置データやオフラインで作成された位置データを用いても構わない。いずれにしても、トーチ姿勢の教示の為の大きな負担から解放される。

【0016】

(2) 基本溶接姿勢自動計算の段階。この段階では、トーチ姿勢を規定する為の基準面が指定される。望ましい基準面を指定する為に、ロボットを用いて所定の平面の方向を教示する方法が採用出来る。更に、基準面に対して角度値で姿勢を表わす角度パラメータが設定される。設定された角度パラメータ(ねらい角と前進角)及び上記(1)の段階で教示された位置データに基づき、基本的な溶接姿勢が自動計算のソフトウェア処理によって求められる。

なお、溶接姿勢の計算にあたっては、上記(1)の段階で教示されたトーチ軸周りの姿勢を反映させることが可能である。これにより、再生運転時のケーブルの巻き付きを防止し得る。

【0017】

(3) 滑らかな姿勢変化の自動計算の段階。この段階では、(2)の段階で求めた基本溶接姿勢を教示したプログラムから、コーナー部を形成する接続点の近傍に補助点を追加し、各コーナー部において滑らかなトーチ姿勢の推移が実現されるようなプログラムを生成する為の自動計算がソフトウェア処理によって実行される。これにより、熟練したオペレータが従来方式で注意深く教示した場合と同等の質を持つと期待されるプログラムが得られる。

【0018】

各補助点及び接続点における姿勢は、コーナー部の相前後する基本姿勢を等分割するような姿勢を計算する処理によって定めることが出来る。

なお、経路の接続点がすべてコーナー部を形成しないもの（即ち、前後の経路の接続点における接線方向が一致するもの）である場合には、(3)の段階は不要となる。

【0019】

【実施例】

図9は、本実施例で使用する溶接ロボットシステムの構成の概要を要部ブロック図で例示したものである。

これを説明すると、10は溶接ロボットを制御するロボット制御装置で、中央演算処理装置（以下、CPUという。）11を備えている。CPU11には、ROMからなるメモリ12、RAMからなるメモリ13、不揮発性メモリ14、サーボ回路16を経てロボット（本体輝光部）30に接続された軸制御部15、液晶ディスプレイ（LCD）17を備えた教示操作盤18及び電源装置40に接続された汎用インターフェイス19が各々バスBSを介して接続されている。

電源部40は、CPU11からの指令に従ってトーチ1に供給される溶接電圧及び溶接電流を制御する機能を有している。ROM12には、CPU11がロボット（本体機構部）30、電源装置40及びロボット制御装置10自身の制御を行なう為の各種のプログラムが格納される。

【0020】

RAM13はデータの一時記憶や演算の為に利用出来るメモリである。また、不揮発性メモリ14には、溶接ロボットシステムの動作内容を定める各種プログ

ラム及びパラメータ設定値が格納される。また、本願発明を実施する為の各種処理（内容は後述する。）をCPU11に実行させる為のプログラム並びに関連設定は、ROM12と不揮発性メモリ14に振り分けて格納されている。

【0021】

以下、上記説明したシステム構成及び機能を前提に、本願発明の方法を実施する手順について説明する。

ここでは、図1に示した溶接線A～Fの事例に対して本願発明を適用した場合を例にとり、教示方法の概略について述べる。

【0022】

本願発明の教示方法は、大別して次の3つの段階（1）～（3）で構成されている。図2（1）～（3）は、図1で用いたと同様の描示方式によってこれを示した模式図で、図1に準じた符号の表記が行なわれている。

【0023】

（1）溶接経路の開始点、終点及び経路接続点を含む各点の位置データを用意する段階。

図2（1）に示したように、溶接経路の始点A、終点F及び接続点B、C、D、Eの位置を、トーチ姿勢には注意を払うことなくジョグ送りで順に教示することで実行される。この時、特別の措置をとらない限り、トーチ姿勢を定めるロボットの姿勢を表わすデータも付随的に教示されることになるが、姿勢データに正確さが要求されることはない。

【0024】

なお、場合によっては、既に作成済みのプログラムの位置データやオフラインで作成された位置データ（正確な姿勢データは不要。）をロボット制御装置10に転送しても構わない。いずれにしても、トーチ姿勢の教示の為の負担は免ぜられる。

【0025】

（2）基本溶接姿勢自動計算の段階。

トーチ姿勢を規定する為の基準面を指定し、姿勢を表わす角度パラメータをロボット制御装置10に入力する。そして、入力された角度パラメータと上記（1

）の段階で教示された位置データに基づき、基本的な溶接姿勢を自動計算のソフトウェア処理によって求め、結果を不揮発性メモリ 14 に記憶する。これにより、段階（1）の教示で得られた位置データを含むプログラムは、図 2（2）に示されたようなトーチ姿勢を教示したプログラムに変換される。

【0026】

姿勢は、始点 A、接続点 B、C、D、E 及び終点 F について計算される。各点 A、B、C、D、E について計算される姿勢は、接続点における姿勢変化を考慮しない条件の下で各経路 AB、BC・・・EF の始点 A、B・・・E において最適と思われる姿勢である。ここでは、これを「基本姿勢」と呼ぶ。もし、この段階で再生運転を実行すれば姿勢に関する補間計算に従って、各経路 AB、BC・・・DE の各全長領域にわたって変化する。例えば、区間 AB では、トーチ姿勢が A における基本姿勢→B における基本姿勢に徐々に変化し、区間 BC では、トーチ姿勢が B における基本姿勢→C における基本姿勢に徐々に変化する。なお、終点 F における姿勢は、通常、基本姿勢 E と同一とされる。

【0027】

以下、この基本姿勢の計算の為に入力されるパラメータ並びに基本姿勢の計算方法について説明する。先ず図 3 を参照して、基準面、及び角度パラメータ（ねらい角及び前進角）について説明する。

【0028】

先ず、ねらい角を指定する為の基準となる平面として、基準面が設定される。図 3 は、経路 AB を例にとって、基準面とねらい角、前進角の関係を示したものである。基準面 β は、後述するように、ロボットに基準面を教示することで設定されるが、ロボット設置面など既知の面で代用することも可能である。また、法線ベクトルを指定するデータを直接入力することによっても設定され得る。

【0029】

この基準面 β に対してトーチ 1 の方向（ツール座標系の Z 軸方向）を表わす直線が乗る平面 γ を考えた時、平面 γ が基準平面 β に対してなす角がねらい角 θ である。また、ツール先端点 2 から平面 γ に乗る溶接経路を表わす直線に対する垂線 g を立てた時、トーチ 1 の方向（ツール座標系の Z 軸方向）を表わす直線が直

線 g に対してなす角が前進角 ϕ である。

【0030】

基準面 β が設定されたならば、各経路毎に、経路方向ベクトルと基準面法線ベクトルから、トーチ姿勢を計算する為に 3 次元直交座標系を設定する。トーチ姿勢は、ツール座標系の位置・姿勢を表わす 4×4 同次変換行列の姿勢表現部分に相当する 3×3 行列で表わされる。この行列は、3 個の直交単位ベクトル（ノーマルベクトル、オリエンテーションベクトル、アプローチベクトル）で構成され、ツールベクトルとも呼ばれる。

【0031】

図 4 は、経路 AB 、 BC を例にとり、座標系と基準面 β 、ねらい角 θ 、前進角 ϕ の定め方を示した図である。このように、1 つの経路（ AB 、 BC 等）に対して 1 つの座標系を対応させ、その座標系上で指定されたねらい角 θ 、前進角 ϕ を満たすようにトーチ姿勢（ツールベクトル）を計算することで、対応する溶接線に対するトーチ姿勢（ツールベクトル）を決定することが出来る。以下、図 5 を参照図に加え、区間 AB を例にとって具体的に説明する。

【0032】

(a) 経路 AB に対する座標系の決め方

図 5 に示した如く、経路方向（ $A \rightarrow B$ ）の単位ベクトル $\langle U \rangle$ を計算し、求める座標系の X 軸とする。

$$\langle U \rangle = \langle AB \rangle / |\langle AB \rangle| \quad \dots [1]$$

ここで、 $\langle \rangle$ はベクトルを表わす記号として使用した（以下、同じ）。また、記号 $||$ は、ベクトルの大きさ（ノルム）を表している。

【0033】

次に、基準面法線ベクトル $\langle n \rangle$ と、 X 軸方向単位ベクトル $\langle U \rangle$ との外積ベクトル $\langle V \rangle$ を計算し、求める座標系の Y 軸とする。

$$\langle V \rangle = \langle n \rangle \times \langle U \rangle / |\langle n \rangle \times \langle U \rangle| \quad \dots [2]$$

最後に、 $\langle U \rangle$ と $\langle V \rangle$ の外積ベクトル W を計算し、座標系の Z 軸とし、基準面法線ベクトルをを作り直す。このようにすることで、経路が基準面内に含まれていない場合でも、経路が基準面 β 上に乗っていない場合（即ち、溶接経路 AB 等

が基準面法線ベクトルと直交していない場合)でも、矛盾なく3次元直交座標系を設定することが出来る。以下、このようにして経路AB, BC・・・毎に定義された座標系を[UVW]と記すこととする。

【0034】

基準面法線ベクトルがすべての経路AB, BC・・・と直交するように設定されていれば、本来、このような措置をとることは不要である筈である。しかし、現実には、溶接経路AB, BC・・・を厳密に1平面上に乗るように教示することは不可能であるし、また、溶接経路AB, BC・・・がもともと1平面上に乗っていないケースにも対応し得る柔軟性を持たせる為の手段としての意味もある。

【0035】

(b) 求めた座標系[UVW]上で、指定(入力)されたねらい角 θ と前進角 ϕ を実現するトーチ姿勢(ツールベクトル)を計算する方法

トーチ姿勢を計算する場合に注意しなければならないことは、一般の6自由度を持ったロボットでは、ねらい角 θ と前進角 ϕ の他にスピン角(トーチ1の軸方向=ツール座標系のZ軸方向を軸とした回転に関する姿勢を表わす角度)を決めなければトーチ姿勢を一意的に定めることが出来ないということである。

【0036】

本実施例では、スピン角を定めるに当たって前記の段階(1)におけるスピン角を図2(1)に対応したプログラムデータから図2(2)に対応したプログラムデータへの変換後のトーチ姿勢に反映させる方式を採用する。この方式は、再生運転時の溶接ケーブルの巻き付きやトーチ周りのロボット手首部の回転によるワークとの干渉を起し難くする上で有利である。このスピン角の決定を含めた処理について以下に説明する。

【0037】

(i) A点教示時の姿勢データから、教示スピン角(taught spin ang.)を求める。教示スピン角を求める過程で、教示時のねらい角や前進角も計算されるが、それらのデータは不要となるデータである。

【0038】

○ 教示時のツール姿勢を表わすツールベクトル ($\langle N \rangle \langle O \rangle \langle A \rangle$) を、先に経路毎に求めておいた座標系 $[U V W]$ 上での表現に変換する。

左上添字 p を座標系 $[U V W]$ 上の表現を意味する記号として用いると、求めるツールベクトルは次のようになる。

$$[{}^p\langle N \rangle \ {}^p\langle O \rangle \ {}^p\langle A \rangle] = [\langle U \rangle \langle V \rangle \langle W \rangle]^{-1} * [\langle N \rangle \langle O \rangle \langle A \rangle] \cdots [3]$$

ここで、記号 $[\]^{-1}$ は行列 $[\]$ の逆行列を表わしている。

【0039】

○ 教示時のねらい角 (taught incl ang で表わす。) の計算

$$\text{taught incl ang} = \text{atan2} ({}^pA_z, {}^pA_y) \cdots [4]$$

で、簡単に求められる。ここで、 $\text{atan2} (\xi_1, \xi_2)$ は、一般に ξ_1, ξ_2 を入力とした時、 $\cos (\phi) = \xi_1$ 且つ $\sin (\phi) = \xi_2$ となる角度 ϕ を出力とする関数である。

【0040】

○ 教示時の前進角 (taught fwd ang で表わす。) の計算

先ず、教示時のツールベクトル $[{}^p\langle N \rangle \ {}^p\langle O \rangle \ {}^p\langle A \rangle]$ を座標系 $[U V W]$ の X 軸である $\langle U \rangle$ の周りに $(\pi/2 - \text{taught incl ang})$ だけ回転させ、アプローチベクトル (トーチ方向を表わす単位ベクトル) が座標系 $[U V W]$ の $X-Z$ 平面上に乗った状態を表わすツールベクトルを作る。これは、

$$\theta_1 = (\pi/2 - \text{taught incl ang}) \cdots [5]$$

として、次式 [6] で求められる。なお、[6] 式中、 $S \theta_1$, $C \theta_1$ は各々 $\sin \theta_1$, $\cos \theta_1$ を表わしている (以下、同様)。

【0041】

【数1】

$$[{}^p\langle N' \rangle \ {}^p\langle O' \rangle \ {}^p\langle A' \rangle] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C \theta_1 & -S \theta_1 \\ 0 & S \theta_1 & C \theta_1 \end{pmatrix} * [{}^p\langle N \rangle \ {}^p\langle O \rangle \ {}^p\langle A \rangle] \cdots [6]$$

教示時の前進角 (taught fwd ang) は、次式 [7] で与えられる。

$$\text{taught fwd ang} = \text{atan2} [P_{A'x}, P_{A'z}] \quad \dots [7]$$

○ 教示時のスピン角 (taught spin ang) の計算

先に求めたツールベクトル $[P_{<N'>}, P_{<O'>}, P_{<A'>}]$ を座標系 [UVW] の Y 軸である $<V>$ の周りに taught fwd ang だけ回転させ、アプローチベクトル (トーチ方向を表わす単位ベクトル) が座標系 [UVW] の Z 軸である $<W>$ に一致した状態を表わすツールベクトルを作る。これは、

$$\theta 2 = \text{taught fwd ang} \quad \dots [8]$$

として、次式 [9] で求められる。

$$[0 \ 0 \ 4 \ 2]$$

【数 2】

$$\begin{aligned} & [P_{<N''>}, P_{<O''>}, P_{<A''>}] \\ &= \begin{pmatrix} C\theta 2 & 0 & S\theta 2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -S\theta 2 & 0 & C\theta 2 \end{pmatrix} * [P_{<N'>}, P_{<O'>}, P_{<O'>}] \quad \dots [9] \end{aligned}$$

教示時のスピン角 (taught spin ang) は、次式 [10] で与えられる。

$$\text{taught spin ang} = \text{atan2} [P_{N''y}, P_{N''x}] \quad \dots [10]$$

(i i) 計算された教示時のスピン角 (taught spin ang) と、入力で指定されたねらい角 (incl ang で表わす。)、前進角 (fwd ang で表わす。) から、目的とするトーチ姿勢を表わすツールベクトルを計算する。

○ 座標系 [UVW] の Z 軸である $<W>$ の周りで taught spin ang と等しい大きさの回転を表わす変換行列を求める。即ち、この回転を単位行列に対して施した行列を求める。これは、

$$\theta 3 = \text{taught spin ang} \quad \dots [11]$$

として、次式 [12] で求められる。

$$[0 \ 0 \ 4 \ 3]$$

【数3】

$$[P_{<n>} P_{<o>} P_{<a>}] = \begin{pmatrix} C_{\theta 3} & -S_{\theta 3} & 0 \\ S_{\theta 3} & C_{\theta 3} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dots [12]$$

○ 座標系 [UVW] のY軸 (<V>) の周りで $[P_{<n>} P_{<o>} P_{<a>}]$ を -fwr d ang だけ回転させる。これは、

$$\theta 4 = -\text{fwr d ang} \dots [13]$$

として、次式 [14] で求められる。

$$[0044]$$

【数4】

$$\begin{aligned} & [P_{<n'>} P_{<o'>} P_{<a'>}] \\ & = \begin{pmatrix} C_{\theta 4} & 0 & S_{\theta 4} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{\theta 4} & 0 & C_{\theta 4} \end{pmatrix} * [P_{<n>} P_{<o>} P_{<a>}] \dots [14] \end{aligned}$$

○ 座標系 [UVW] のX軸 (<U>) の周りで $[P_{<n'>} P_{<o'>} P_{<a'>}]$ を incl ang - $\pi/2$ だけ回転させる。これは、

$$\theta 5 = -\text{incl ang} - \pi/2 \dots [15]$$

として、次式 [16] で求められる。

$$[0045]$$

【数5】

$$\begin{aligned} & [P_{<n''>} P_{<o''>} P_{<a''>}] \\ & = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{\theta 1} & 0 \\ 0 & S_{\theta 1} & C_{\theta 1} \end{pmatrix} * [P_{<n'>} P_{<o'>} P_{<a'>}] \dots [16] \end{aligned}$$

○ 計算されたツールベクトル $[P_{<n''>} P_{<o''>} P_{<a''>}]$ をロボットに設定されているベース座標系上の表現に変換する。これは、次式 [17] で与えられる。

$$[\langle n'' \rangle \langle o'' \rangle \langle a'' \rangle] = [\langle U \rangle \langle V \rangle \langle W \rangle] *$$

$$[P\langle n'' \rangle P\langle o'' \rangle P\langle a'' \rangle] \dots [17]$$

以上の計算を各区間AB, BC...EFについて実行することにより、各点A, B...Eにおける基本溶接姿勢(図2(2)参照)を表わすツールベクトルが計算される。

【0046】

(3) 滑らかな姿勢変化の自動計算の段階。

この段階では、図2(2)に示した基本溶接姿勢を教示したプログラムから、コーナー部を形成する接続点(以下、「コーナー点」とも言う。)B, C...Eの近傍に補助点を追加し、各コーナー部において滑らかなトーチ姿勢の推移が実現されるようなプログラムを生成する為の自動計算がソフトウェア処理によって実行される。結果は不揮発性メモリ14に記憶される。これにより、熟練したオペレータが従来方式(図1参照)で注意深く教示した場合と同等の質を持つと期待されるプログラムが得られる。

【0047】

本実施例では補助点を接続点の前後に追加する。なお、一般には、接続点の前後の一方側のみに追加することも可能である。補助点の位置が自動計算によって定められると、コーナー部における滑らかなツール姿勢推移を実現する為、追加された各補助点並びに各接続点におけるツールベクトルが計算される。

【0048】

一般に、コーナー点B, C...Eにおける教示姿勢は、図2(2)に示した基本溶接姿勢とは異なったものとなる(1つ手前側の経路始点A, B...Dにおける基本溶接姿勢に近づけられる)。

【0049】

以下、追加される補助点の位置の計算法、各接続点及び各接続点におけるツールベクトルの計算法について順を追って説明する。なお、始点A及び終点Fについては、経路AB, EFについて各々求めた基本溶接姿勢をそのまま教示姿勢として採用する。

【0050】

追加される補助点の数は、ユーザの指定に従って、接続点の前後合わせて2個以上とすることが出来るが、ここでは前後各2個と計4個とする。図10は、直線経路ABとBCの接続点Bの前後に追加される補助点に例をとり、その位置の定め方を説明する為の模式図である。

【0051】

図10において、点a, b, c, d, eは姿勢を表わすツールベクトルを計算する点である。これらの点のうち、点a, b, d, eは補助点であり、点cは接続点Bと一致した点である。各点間の距離は等しく、 $ab = bc = cd = de$ (=後述するpitch) とする。各点a~eにおける姿勢は、コーナー点に関して手前側経路ABに対する姿勢（ここでは点Aについて定めた基本溶接姿勢）と後方側経路BCに対する姿勢（ここでは点Bについて定めた基本溶接姿勢）の中間的な姿勢を計算する処理によって求める。

【0052】

ここでは、補助点aにおける姿勢は点Aについて定めた基本溶接姿勢に一致させ、補助点eにおける姿勢はBについて定めた基本溶接姿勢に一致させることとする。そして、4つの区間ab, bc, cd, deを通してトーチ姿勢が滑らかに変化するように、b, c, dにおけるツールベクトルを等分割的に定める。以下、補助点の位置の計算と姿勢等分割の具体的な計算法について説明する。

【0053】

(a) コーナー点の手前側に設定される補助点a, bの位置を下記の各計算式[18]~[20]によって定める。ここで使用されている各記号の意味は次の通りとする。

n ; コーナー部に挿入される補助点数 (ユーザ設定値)

pitch; 補助点挿入間隔 (ユーザ設定値)

<p1>; 位置Aを表わすベクトル

<p2>; 位置B (コーナー点) を表わすベクトル

i ; 補助点番号

; 位置Bからi番目の補助点に向かうベクトル

<pai>; 計算によって求めるi番目の補助点位置を表わすベクトル

なお、コーナ一点の後方側の経路BC上に設定される補助点d, eの位置についても同様の計算によって定められる。計算式の記載は省略する。

【0054】

【数6】

$$\langle Li \rangle = \frac{\langle p1 \rangle - \langle p2 \rangle}{|\langle p1 \rangle - \langle p2 \rangle|} * pitch * (n - i) \quad \dots [18]$$

$$\langle pai \rangle = \langle p2 \rangle + \langle Li \rangle \quad \dots [19]$$

$$= \langle p2 \rangle + \frac{\langle p1 \rangle - \langle p2 \rangle}{|\langle p1 \rangle - \langle p2 \rangle|} * pitch * (n - i) \quad \dots [20]$$

(b) 補助点における姿勢の計算

コーナ一部における姿勢変化を姿勢1から姿勢2の変化とし、姿勢1と姿勢2の中間的な姿勢を計算する方法について説明する。以下、記号i, nを次の意味で使用する。

n ; 補助点数 (ユーザ設定値)

i ; 補助点番号 ($0 \leq i \leq 2n$; $n=2$ の場合には、 $i=0, 1, 2, 3, 4$)

weld dir vec 1 ; コーナ一点手前側の経路の進行方向を表わす単位ベクトル

weld dir vec 2 ; コーナ一点手前側の経路の進行方向を表わす単位ベクトル

[$\langle Ns \rangle \langle Os \rangle \langle As \rangle$] ; 姿勢1に対応するツールベクトル

[$\langle Ne \rangle \langle Oe \rangle \langle Ae \rangle$] ; 姿勢2に対応するツールベクトル

$\langle k0 \rangle$; weld dir vec 1とweld dir vec 2で張られる平面の法線ベクトル

(一般に、単位ベクトルではない。)

t0 ; weld dir vec 1とweld dir vec 2のなす角度 ($0 \leq t0 \leq \pi$)

(i) $\langle k0 \rangle$ 及び t0 の計算

$$\langle k0 \rangle = \text{weld dir vec 1} * \text{weld dir vec 2} \quad \dots [21]$$

で、 $\langle k0 \rangle$ は計算される。ここで、* は外積を表わしている。

s0 = $|\langle k0 \rangle|$ = ベクトルweld dir vec 1とベクトルweld dir vec 2の

なす角度のsine $\dots [22]$

c0 = weld dir vec 1 · weld dir vec 2 = ベクトルweld dir vec 1とベクトル

ルweld dir vec 2のなす角度のcosine . . . [23]

(但し、 \cdot は内積を表わす。)

を用いれば、 t_0 は次式 [24] で与えられる。

$$t_0 = \text{atan2}(s_0, c_0) \quad \dots [24]$$

次に、姿勢 2 をベクトル $\langle k_0 \rangle$ の周りに角度 $-t_0$ だけ回転させた姿勢 2' を計算する。

$$\begin{aligned} [\langle Ne' \rangle \langle Oe' \rangle \langle Ae' \rangle] = \\ \text{Rot}(\langle k_0 \rangle, -t_0) * [\langle Ne \rangle \langle Oe \rangle \langle Ae \rangle] \end{aligned} \quad \dots [25]$$

但し、もしも s_0 が極めて小さい正数であるならば、

$$\langle k_0 \rangle = (1.0 \quad 0.0 \quad 0.0) \quad \dots [26]$$

$$t_0 = 0.0 \quad \dots [27]$$

$$\begin{aligned} [\langle Ne' \rangle \langle Oe' \rangle \langle Ae' \rangle] = \\ [\langle Ne \rangle \langle Oe \rangle \langle Ae \rangle] \end{aligned} \quad \dots [28]$$

としておくことも可能である。

なお、一般に、 $\text{Rot}(\langle v \rangle, \theta)$ は、ベクトル $\langle v \rangle$ の周りで角度 θ の回転を施す変換行列を表わしている。ベクトル $\langle v \rangle$ が単位ベクトルの場合には、 $\text{Rot}(\langle v \rangle, \theta)$ は次の式 [29] で与えられる。もし、 $\langle v \rangle$ が単位ベクトルでない場合には、[29] 式を計算する前に $\langle v \rangle$ の各要素を $|\langle v \rangle|$ で除して単位ベクトルとしておけば良い。

【0055】

【数 7】

$$\langle v \rangle = \begin{pmatrix} vx \\ vy \\ vz \end{pmatrix}, \quad \text{vers} \theta = (1 - \cos \theta)$$

$$R(\langle v \rangle, \theta) =$$

$$\begin{bmatrix} vx*vx*\text{vers}\theta + \cos \theta & vy*vx*\text{vers}\theta - vz*\sin \theta & vz*vx*\text{vers}\theta + vy*\sin \theta \\ vx*vy*\text{vers}\theta + vz*\sin \theta & vy*vy*\text{vers}\theta + \cos \theta & vz*vy*\text{vers}\theta - vx*\sin \theta \\ vx*vz*\text{vers}\theta - vy*\sin \theta & vy*vz*\text{vers}\theta + vx*\sin \theta & vz*vz*\text{vers}\theta + \cos \theta \end{bmatrix}$$

... [29]

(ii) $\langle k1 \rangle$ 及び $t1$ の計算

上記 (i) で求めた姿勢 2' は、姿勢 2 を姿勢 1 に近付けるべく、コーナー部前後の溶接経路によって張られる平面に立てた法線の周りに回転させたものに相当している。ここで、姿勢 2' と姿勢 1 との相違を更に解消するプロセスとして、両者のアプローチベクトル同士を重ね合わせる変換を考える。

【0056】

まず、姿勢 1 のアプローチベクトルを姿勢 2' のアプローチベクトルに最短の回転によって重ね合わせ、姿勢 1' を作る。この時の回転中心となるベクトルを $\langle k1 \rangle$ 、回転角を $t1$ ($0 \leq t1 \leq \pi$) とする。 $\langle k1 \rangle$ 、 $t1$ 並びに関連量を表わす式 [30] ~ [34] を記せば次のようになる。

【0057】

$$\langle k1 \rangle = A s * A e' \text{ (外積計算)} \quad \dots [30]$$

$$s1 = |\langle k1 \rangle| = \text{ベクトル} \langle k1 \rangle \text{ の大きさ} \quad \dots [31]$$

但し、 $s1$ が極めて小さい正数であるならば、

$$k1 = \langle N e' \rangle \quad \dots [32]$$

としておくことも可能である。

$$c1 = \langle A s \rangle \cdot \langle A e' \rangle \text{ (内積計算)} \quad \dots [33]$$

$$t1 = \text{atan2} (s1, c1) \quad \dots [34]$$

ここで、 atan2 は $s1 = 0$ に対しても出力される (定義されている) ことに注意。

【0058】

次に、姿勢1をベクトル $\langle k1 \rangle$ の周りに角度 $t1$ 回転させた姿勢1'を計算する。姿勢1'に対応したツールベクトルは次式[35]で与えられる。

$$\begin{aligned} [\langle N s' \rangle \langle O s' \rangle \langle A s' \rangle] = \\ \text{Rot} (\langle k1 \rangle, t1) * [\langle N s \rangle \langle O s \rangle \langle A s \rangle] \end{aligned} \quad \dots [35]$$

(iii) $\langle k2 \rangle$ 及び $t2$ の計算

上記(i), (ii)で計算された姿勢1'と姿勢2'の間には、アプローチベクトル周りの向きに関してずれがある。そこで、このずれを解消させるプロセスとして、両者のずれを除去する回転変換を考える。

回転中心となるベクトルを $\langle k2 \rangle$ 、回転角を $t2$ ($0 \leq t1 \leq \pi$) とする。 $\langle k2 \rangle$ は両姿勢のアプローチベクトルまたはそれを逆方向に反転させたベクトルである。 $\langle k2 \rangle$, $t2$ 並びに関連量を表わす式[36]~[40]を記せば次のようになる。

【0059】

$$\langle k2 \rangle = N s' * N e' \text{ (外積計算)} \quad \dots [36]$$

$$s2 = |\langle k2 \rangle| = \text{ベクトル} \langle k2 \rangle \text{ の大きさ} \quad \dots [37]$$

但し、 $s1$ が極めて小さい正数であるならば、

$$k2 = \langle A e' \rangle \quad \dots [38]$$

としても良い。

$$c2 = \langle Ns' \rangle \cdot \langle Ne' \rangle \text{ (内積計算)} \quad \dots [39]$$

$$t2 = \text{atan2} (s2, c) \quad \dots [40]$$

(atan2 は $s2 = 0$ に対しても出力される (定義されている) ことに注意。)

ここで、ベクトル $\langle k2 \rangle$ と $\langle Ae' \rangle$ とは、同一方向または正反対方向を向いたベクトル同士であるが、同一方向、正反対方向のいずれであるかは両者の内積を計算すればその符号から判断可能である。そこで、save sign を次のように定義しておく。save signの符号は後の処理中の判断に利用される。

$$\text{save sign} = \langle k2 \rangle \cdot \langle Ae' \rangle \text{ (内積)} \quad \dots [41]$$

(i v) 均等分割処理

コーナー部前後の総補助点数とコーナー一点自身を考えると、1個のコーナー部に関して計算すべき姿勢数 h は、 $h = 2n + 1$ となる (図10の例では、 $a \sim e$ 計5点で、 $n = 2$ 、 $h = 5$)。

【0060】

まず、姿勢1とベクトル $\langle k1 \rangle$ をベクトル $\langle k0 \rangle$ の周りに $t0 * i / 2n$ だけ回転させた姿勢を次式 [42]、[43] で求める。

$$\begin{aligned} [\langle N1 \rangle \langle O1 \rangle \langle A1 \rangle] &= \text{Rot} \{ \langle k0 \rangle, (t0 * i / 2n) \} \\ &\quad * [\langle Ns \rangle \langle Os \rangle \langle As \rangle] \quad \dots [42] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle k1' \rangle &= \text{Rot} \{ \langle k0 \rangle, (t0 * i / 2n) \} * \langle k1 \rangle \\ &\quad \dots [43] \end{aligned}$$

次に、 $[\langle N1 \rangle \langle O1 \rangle \langle A1 \rangle]$ を $\langle k1' \rangle$ の周りに $t1 * i / 2n$ だけ回転させ、次式 [44] により、 $[\langle N2 \rangle \langle O2 \rangle \langle A2 \rangle]$ を得る。

$$\begin{aligned} [\langle N2 \rangle \langle O2 \rangle \langle A2 \rangle] &= \text{Rot} \{ \langle k1' \rangle, (t1 * i / 2n) \} \\ &\quad * [\langle N1 \rangle \langle O1 \rangle \langle A1 \rangle] \quad \dots [44] \end{aligned}$$

更に、save signの符号に合わせて、 $\langle k2 \rangle$ を次のように定める。

save sign < 0 の場合 ;

$$\langle k2 \rangle = -A2 \quad \dots [45]$$

save sign ≥ 0 の場合 ;

$$\langle k2 \rangle = A2 \quad \dots [46]$$

最後に、 $[\langle N2 \rangle \langle O2 \rangle \langle A2 \rangle]$ を $\langle k2 \rangle$ の周りに $t2 * i / 2n$ だけ回転させ、次式 [47] により $[\langle Ni \rangle \langle Oi \rangle \langle Ai \rangle]$ を得る。

$$[\langle Ni \rangle \langle Oi \rangle \langle Ai \rangle] = Rot \{ \langle k2 \rangle, (t2 * i / 2n) \} \\ * [\langle N2 \rangle \langle O2 \rangle \langle A2 \rangle] \quad \dots [47]$$

1つ1つのコーナー部について、以上説明した計算内容を含む処理を実行することにより、(a)で補助点の位置、(b)で補助点(及びコーナー点)における姿勢が求められる。従って、それらを組み合わせて各コーナー部に関連したすべての位置データが得られることになる。

以下、上記説明をふまえ、オペレータが行なう操作を中心に、本実施例における教示方法の手順と処理について更に説明する。

[準備]

(1) 先ず、オペレータはトーチ姿勢の教示を行なう為の準備として、図2(1)に示したように、溶接経路の始点、終点及び接続点の位置を、トーチ姿勢には注意を払うことなくジョグ送りで順に動作プログラム用のデータとして教示する。但し、ジョグ送り時には、ケーブルの巻き付きを誘発するような変化を避けるよう配慮することが好ましい。

【0061】

(2) 次に、教示操作盤18のLCD17の画面にトーチ姿勢クイックティーチ機能の操作画面を表示させる。これを図6に示す。

[操作・処理実行手順]

トーチ姿勢クイックティーチ機能の操作画面を表示させてからの操作・処理実行手順の概要を図12のフローチャートを参照して説明する。なお、フローチャート中において、一部の処理ステップについてはステップ番号を省略した。

【0062】

(3) 先ず、[準備1]で教示した変換元となるプログラム名(TEST)を入力し(ステップS1)、次に変換する範囲を指定する(ステップS2~S4)。変換範囲の指定は、プログラム全体か一部かを選択し(ステップS2)、一部

の場合には、選択する範囲をプログラムの行番号（変換開始行と変換終了行の各番号）で指定する（ステップS3，S4）。

【0063】

（4）次に、変換した部分を新たに「作成する」のか、変換元の指定した部分と「置き換える」のかを設定する（ステップS5）。但し、ここで何も設定しない場合には、「置き換える」を設定したことになる。ここでは、「置き換える」と設定したものとする。

【0064】

（5）もし、上記（4）で「作成する」と設定した場合には、変換先のプログラム名を入力するが（ステップS6）、「置き換える」と設定した場合には、変換先のプログラム名を入力する操作は不要である。

【0065】

（6）上記（5）で入力されたプログラム名が登録されているものである場合には、変換部分を挿入する行番号を設定する。もし、未登録（新規作成）プログラムの場合には、設定不要である。

【0066】

（7）次にページ切替キーを押下し、「溶接姿勢自動計算画面」をLCD17の画面上に表示させる。これを図7に示す。

（8）「溶接姿勢自動計算画面」では、先ず、ねらい角を設定する為の平面である基準面を教示するかしないかを「アリ」、「ナシ」の選択によって設定する。基準面を教示によって設定しない場合には、ロボットの設置平面（床面）と平行な平面が基準面として設定されたものとみなされる。基準面のデータは法線ベクトルのデータで与えられ、その向きで基準面の向きが規定される。

【0067】

（9）上記（8）で基準面を教示する「アリ」を選択した場合には、基準面を教示する（ステップS7～S9）。教示操作盤18より、ジョグ送り操作によってトーチ先端を移動させ、設定を希望する基準面上の3点（但し、1直線上にない条件で選ぶ。）の位置を教示する。なお、基準面教示時のトーチ姿勢は任意である。

【0068】

(10) 希望するねらい角 θ 、前進角 ϕ を数値で入力する（ステップS10, S11）。

(11) 「トーチ姿勢自動計算」の処理を実行する為に、教示操作盤18のファンクションキー「ヘンカン」を押下する。これにより、「トーチ姿勢自動計算」の処理が開始され、希望したねらい角 θ と前進角 ϕ の条件を満たした基本溶接姿勢が各経路毎に計算される（図2（2）参照）。

【0069】

ここで、もし、経路の接続点がすべて、図2におけるB～Eのようなコーナー部を形成しないもの（即ち、前後の経路の接続点における接線方向が一致するもの）である場合には、この段階で溶接プログラムは完成したことになる。

例えば、図11に示したように、半円経路を2個（HIJとJKH）を接続して円周を溶接する場合がこれに当たる。なお、このような場合には、各点H～Kに設定される座標系[UVW]のX軸方向は、円弧経路上の各点H～Kにおける接線方向に指定され、前述した計算プロセスによって各点H～Kにおける基本溶接姿勢が計算される。

【0070】

(12) 経路の接続点中にコーナー部を形成するものが含まれている場合には、更に頁切替キーを押下し、「滑らかな姿勢変化の自動計算」の実行画面を表示させる。これを図8に示す。

(13) この画面では、先ず、コーナー部を形成する接続点の前後に挿入する補助点の数 n （コーナー部1個当りの前後各挿入数）を設定する（ステップS12）。図では $n=2$ と設定された例が示されている。

【0071】

(14) 次に、補助点の挿入間隔（前述のpitch）を数値で入力する（ステップS13）。

(15) 最後に、教示操作盤18のファンクションキー「ジッコウ」を押下すると、滑らかな姿勢変化の自動計算の処理が実行される。ここでは、プログラム（TEST）の指定範囲でプログラムされている経路中のコーナー部を形成する

接続点について、上記設定された条件 (n , $pitch$) で補助点の位置が計算され、更に、滑らかなトーチ姿勢変化 (推移) を実現する溶接プログラムが自動生成される。

【0072】

【発明の効果】

本願発明を用いれば、溶接トーチの姿勢に特に注意を払うことなく経路を結ぶ点の位置のみを意識的に教示するだけで、所望のトーチ姿勢を実現するプログラムが自動生成される。特に、溶接経路中にコーナー部が存在しても、従来のように、ジョグ送りでロボットを操作しながらコーナー部周辺の補助教示点について位置と姿勢を追加的に教示する必要がないので教示作業の負担が大幅に軽減される。また、トーチ姿勢の教示が客観データに基づいて行なわれるので、オペレータの熟練度等によって左右されない安定した溶接精度が容易に確保される。

【0073】

更に、溶接姿勢の計算にあたって、当初の位置教示時のトーチ軸周りの姿勢を反映させることも可能である。その場合には、再生運転時のケーブルの巻き付きを予防する効果が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来より最も一般的に利用されている溶接ロボットに対するトーチの位置と姿勢の教示方法を説明する図である。

【図2】

(1) ~ (3) は、図1で用いたと同様の描示方式によって本願発明の方法の各段階を示した図である。

【図3】

基準面、及び角度パラメータ (ねらい角及び前進角) について説明する図である。

【図4】

経路 AB , BC を例にとり、座標系と基準面 β 、ねらい角 θ 、前進角 ϕ の定め方を示した図である。

【図5】

区間ABを例にとって、経路に対する座標系の決め方を説明する図である。

【図6】

トーチ姿勢クイックティーチ機能の操作画面を例示した図である。

【図7】

溶接姿勢自動計算画面を例示した図である。

【図8】

滑らかな姿勢変化の自動計算の実行画面を例示した図である。

【図9】

本実施例で使用する溶接ロボットシステムの構成の概要を要部ブロック図で例示したものである。

【図10】

接続点Bに形成されたコーナ一部を例にとり、接続点の前後に設定される補助点について説明する図である。

【図11】

コーナ一部を形成しない経路の例として、半円経路を2個を接続した円周状の溶接経路を示した図である。

【図12】

トーチ姿勢クイックティーチ機能の操作画面を表示させてからの操作・処理事項手順の概要を記したフローチャートである。

【符号の説明】

- 1 トーチ
- 2 トーチ先端（ツール先端点）
- 10 ロボット制御装置
- 11 中央演算処理装置（CPU）
- 12 メモリ（ROM）
- 13 メモリ（RAM）
- 14 不揮発性メモリ
- 15 軸制御器

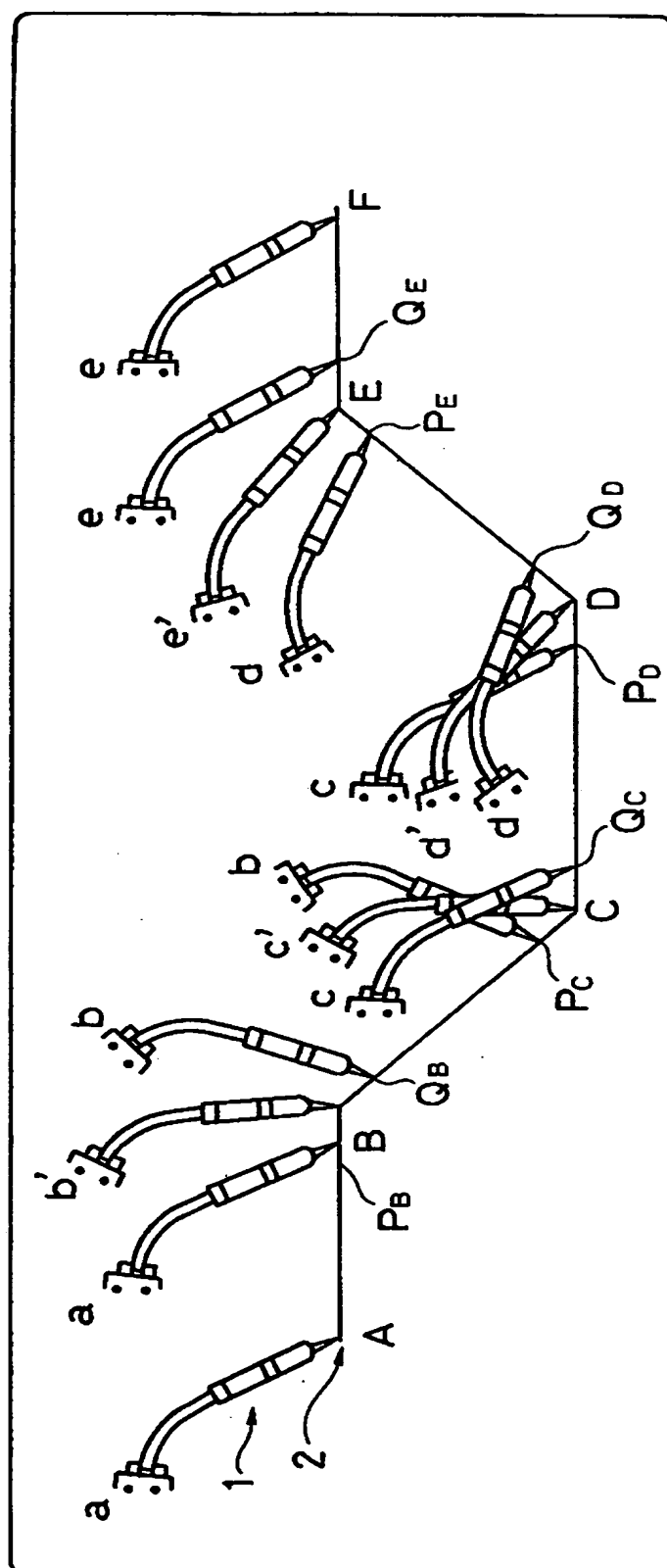
- 16 サーボ回路
- 17 教示操作盤
- 18 液晶ディスプレイ (LCD)
- 19 汎用インターフェイス
- 20 バス
- 30 ロボット (本体機構部)
- 40 電源装置

特平 6-283969

【書類名】

図面

【図1】

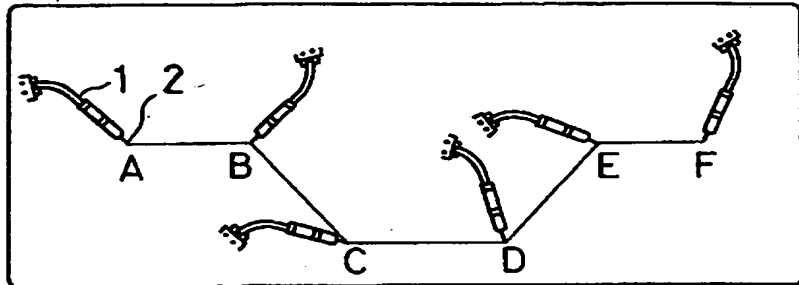


特平 6-283969

【図2】

(1)

A, B...Fの位置だけを姿勢を気にせず
ジョグでラフに教示

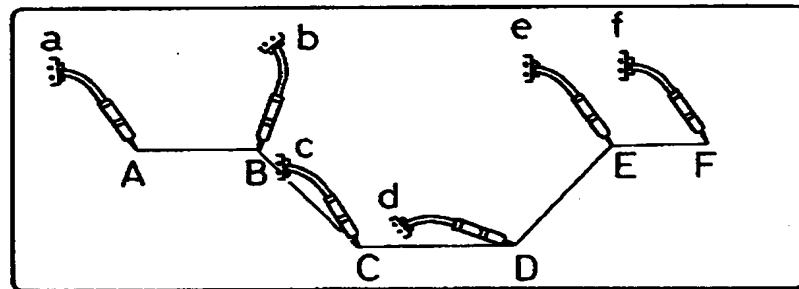


(2)

基準面
ねらい角
前進角

入力

溶接姿勢
自動計算

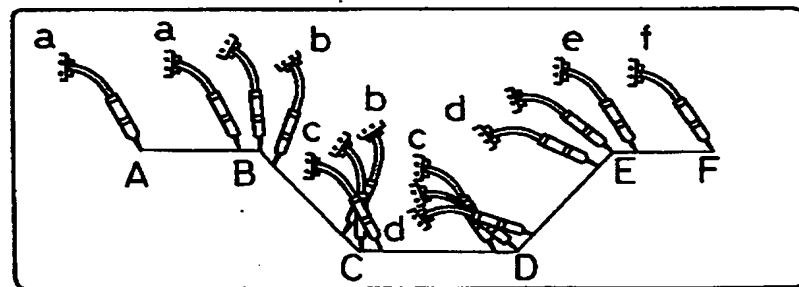


(3)

追加点数
間隔

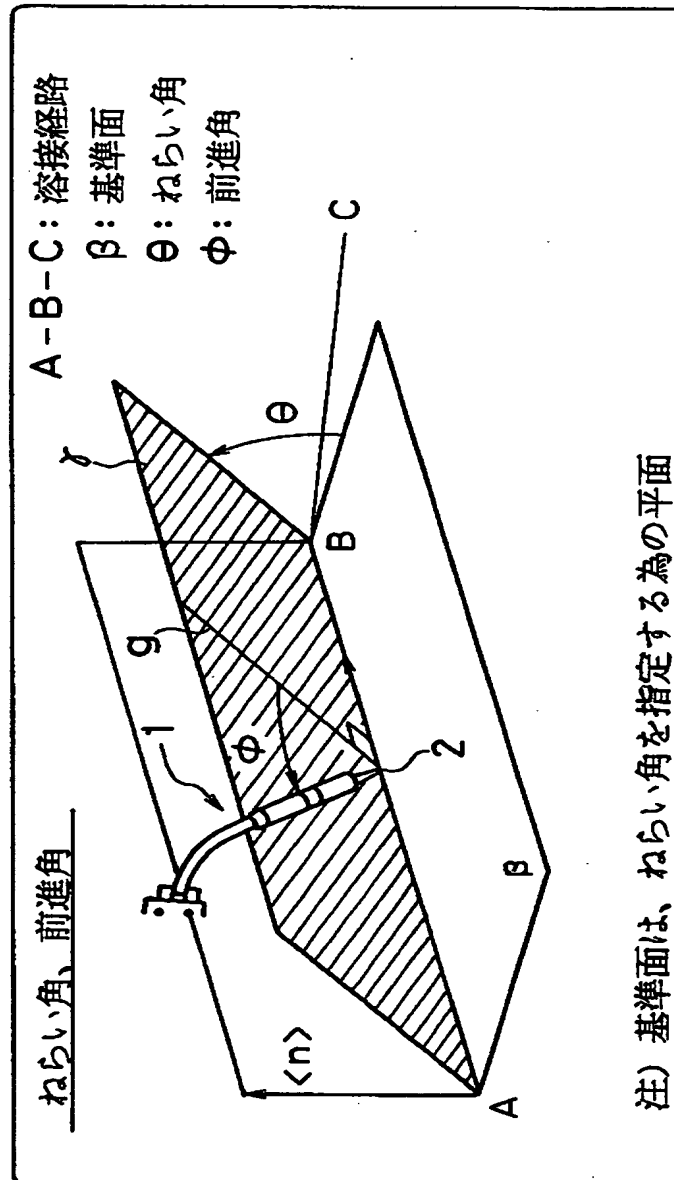
入力

滑らかな姿勢変化の
自動計算



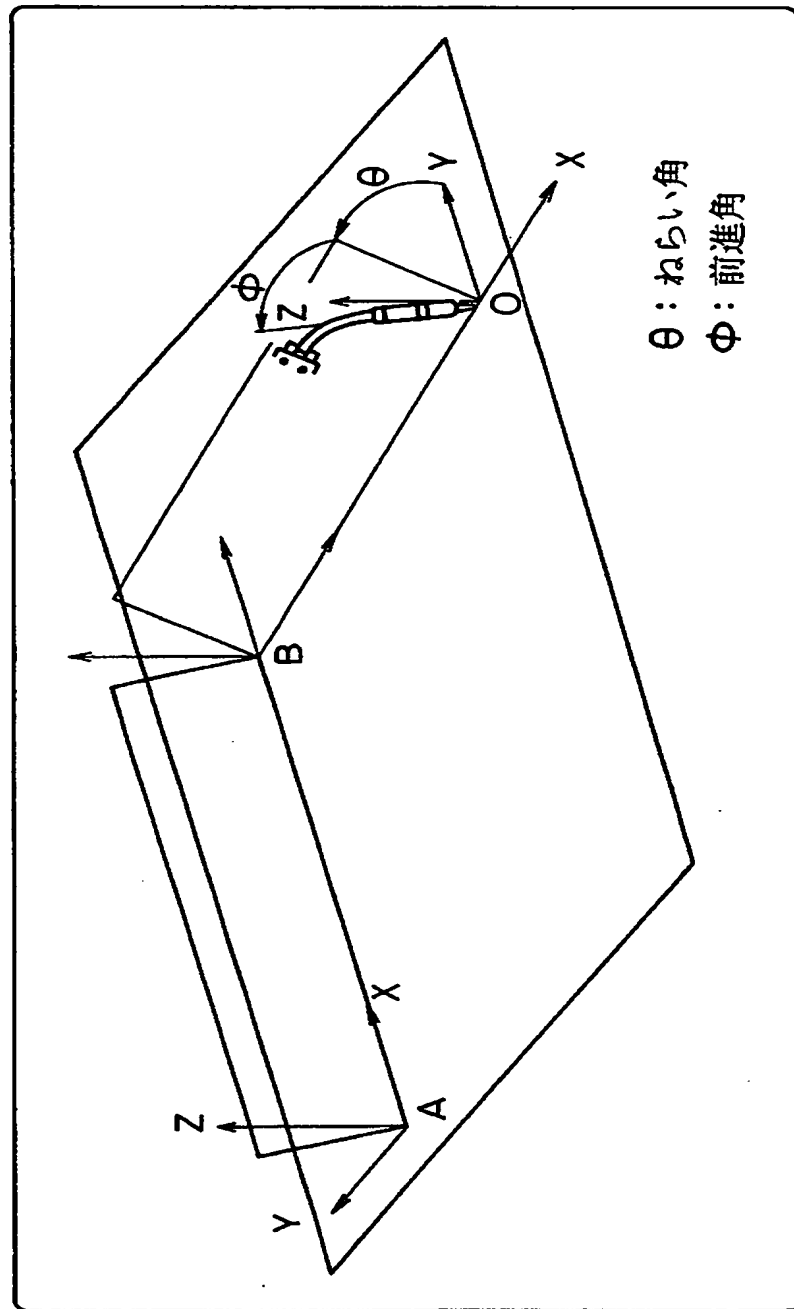
アーク溶接実行

【図 3】

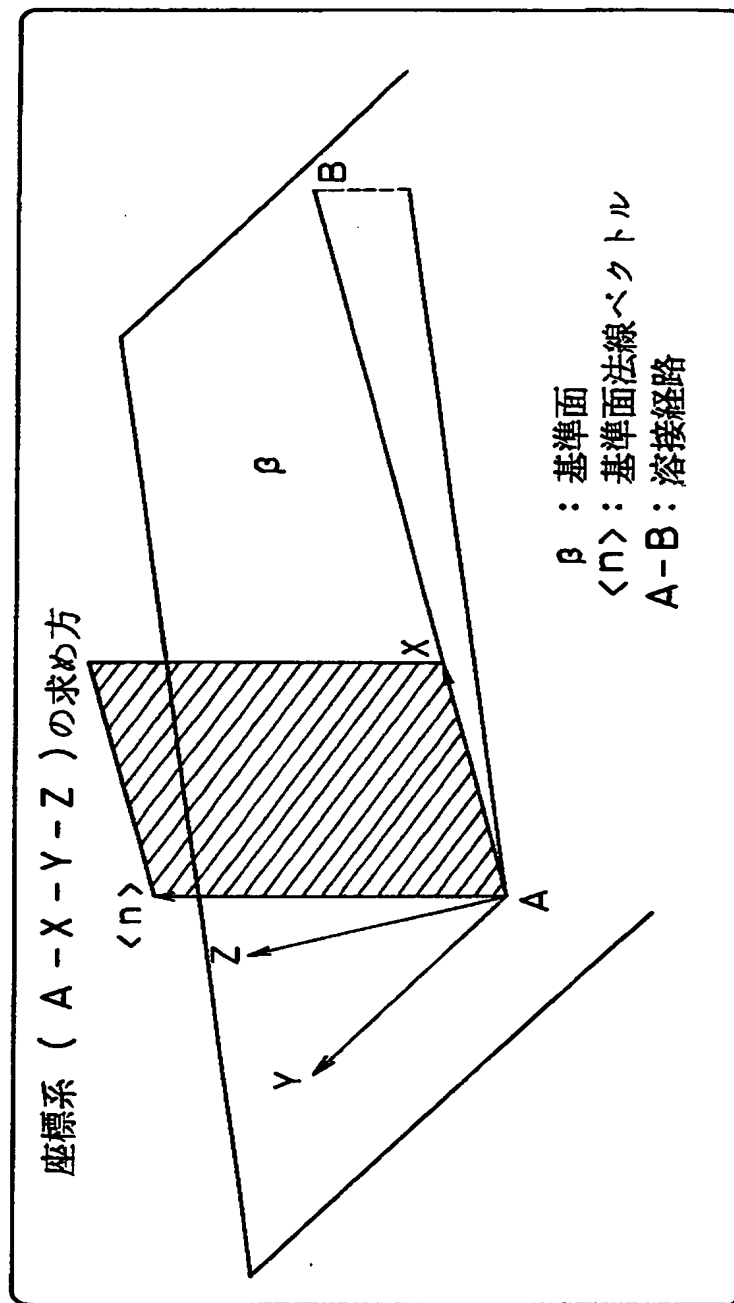


【図4】

ねらい角、前進角よりトーチ姿勢を計算



【図5】



【図6】

ユーティリティ／トーチシセイ／ヘンカン////////カクジク////50%/
プログラム ページ1/4 5/7

1	ヘンカンモト プログラム:	[TEST]
2	ハンイ:	イチブ
3	カイシ ギョウ:	34
4	シュウリョウ ギョウ:	38
5	サクセイ／オキカエ:	／オキカエ／
6	ヘンカンサキ プログラム: (ミシヨウ)	[*****]
7	ソウニユウ ギョウ: (ミシヨウ)	*****

シフト+シタ, シフト+ウエ デ ページ ガ カワリマス
[ガメン]

>

【図7】

ユーティリティ／トーチシセイ／ヘンカン//////////カクジク////50%/
トーチ シセイ チョクセツ ニュウリョク ページ3/4 2/6

1	キジュンメン	キョウジ	:	アリ
2		P1:		/キョウジ スミ/
3		P2:		キョウジ スミ
4		P3:		キョウジ スミ
5	ネライカク:			. 00deg
6	ゼンシンカク:			. 00deg

シフト+シタ, シフト+ウエ デ ページ ガ カワリマス
[ガメン] ヘンカン イチサンショウ イチキオク>

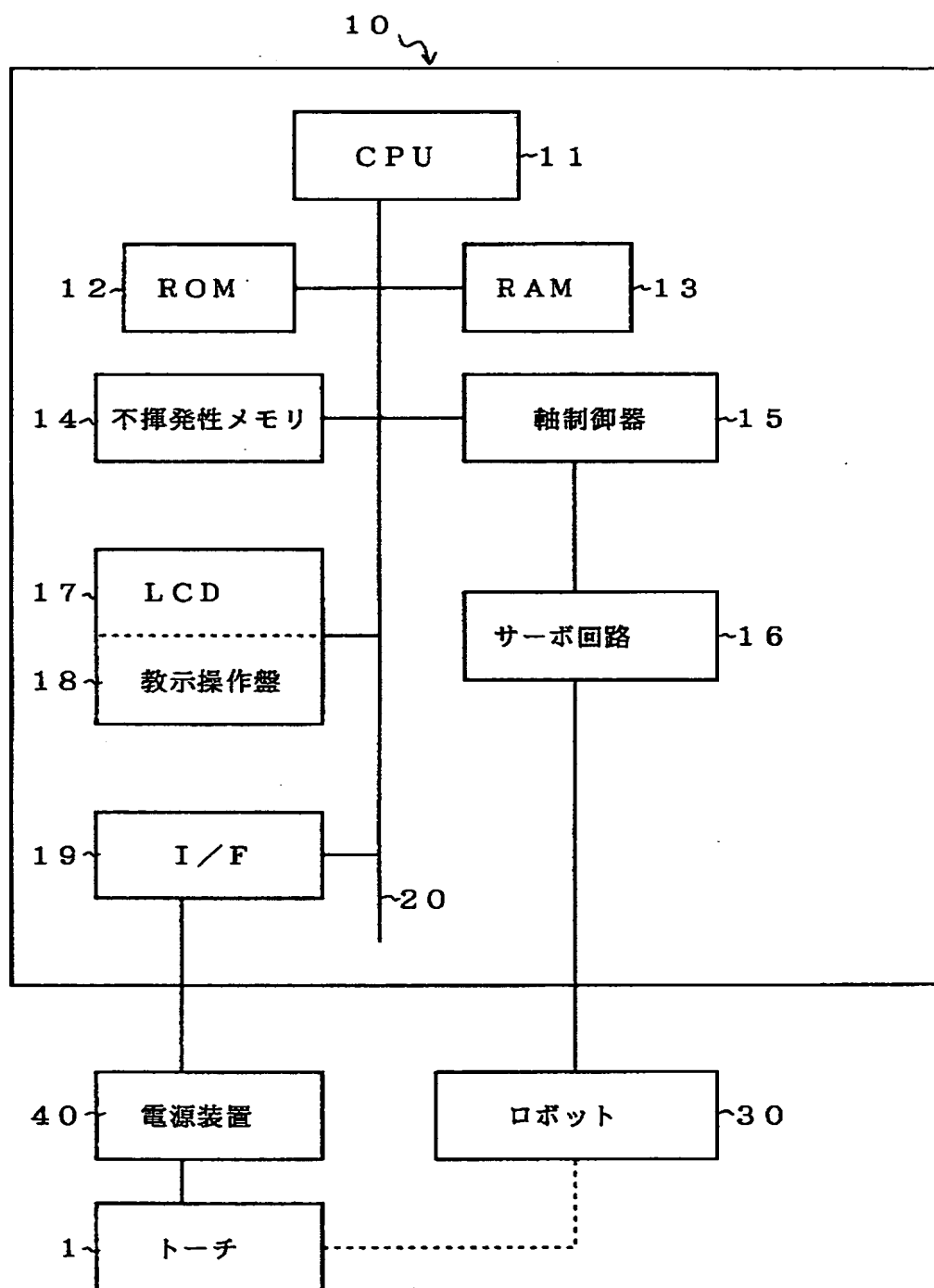
【図8】

ユーティリティ/トーチセイ/ヘンカン//////////カクジク////50%/
ホジョテン ソウニユウ ページ4/4 2/6

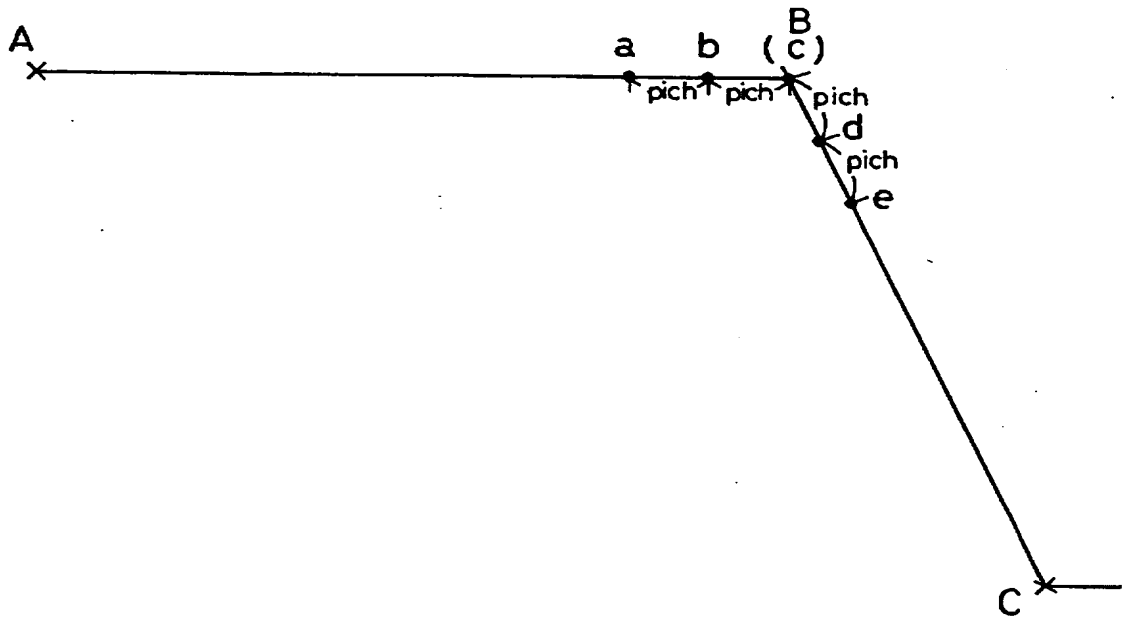
- 1 ホジョテン スウ: /2/
2 ピッチ チョウ: 3.00mm

シフト+シタ, シフト+ウエ デ ページ ガ カワリマス
[ガメン] ジッコウ >

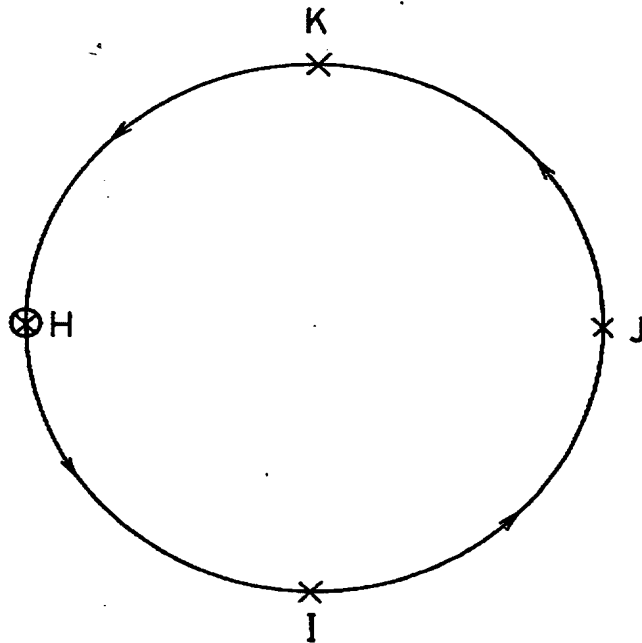
【図9】



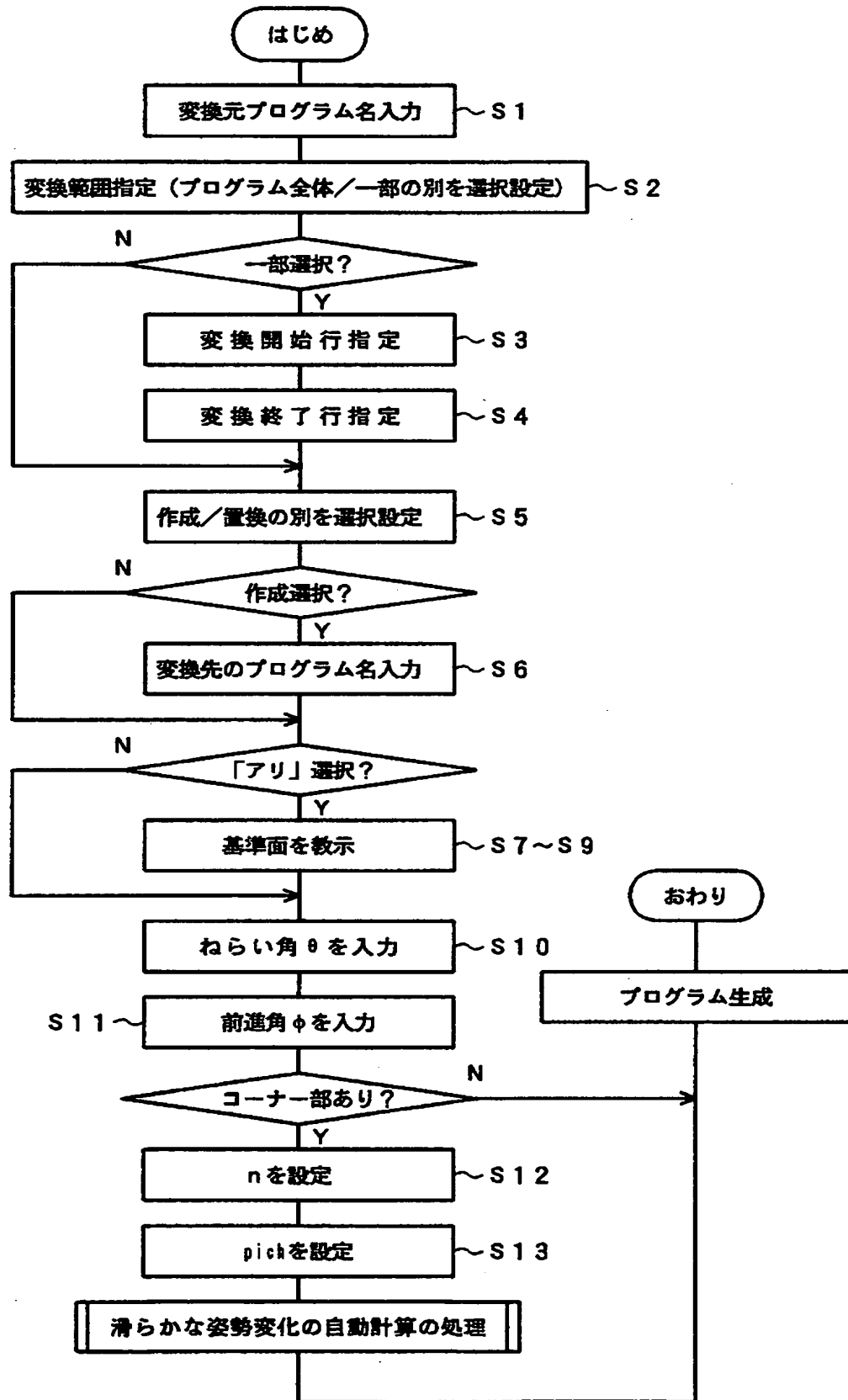
【図10】



【図11】



【図12】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 溶接トーチ姿勢の教示に要する作業負担の軽減と溶接精度の安定化。

【構成】 (1) 溶接経路の始点A、終点F及び接続点B, C, D, Eの位置を、トーチ姿勢には注意を払うことなくジョグ送りトーチ先端2を移動させ、順次教示する。(2) トーチ1の姿勢を規定する為の基準面を指定し、トーチ姿勢を表わすねらい角と前進角をロボット制御装置に入力する。入力された角度パラメータと(1)の教示データに基づき、基本的な溶接姿勢が自動計算される。(3) コーナー部を形成する各接続点B～Eの周りに補助点を設定し、コーナー部を通して滑らかなトーチ姿勢変化を与えるようなツールベクトルが補助点及び接続点について自動計算され、それに基づいて溶接プログラムが生成される。トーチ姿勢を決める要素の内、トーチ軸周りの回転に関する要素は、(1)における教示時の状態を反映させる。

【選択図】 図2

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 390008235

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100082304

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階

【氏名又は名称】 竹本 松司

【代理人】 申請人

【識別番号】 100088351

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階

【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【代理人】 申請人

【識別番号】 100093425

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階

【氏名又は名称】 湯田 浩一

【代理人】 申請人

【識別番号】 100102495

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階

【氏名又は名称】 魚住 高博

【代理人】 申請人

【識別番号】 100101915

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階

【氏名又は名称】 塩野入 章夫

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390008235]

1. 変更年月日 1990年10月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
氏 名 ファナック株式会社